

## PENGARUH TEMPERATUR DAN LINE SPEED PADA PROSES PEMBUATAN KABEL OPTIK YANG MENGALAMI KECACATAN DISELUBUNG KABEL PADA MESIN EXTRUDER

**Bahrul Ikam**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

E-mail: ikamweb8@gmail.com

**ABSTRAK** -- Dari serangkaian ujicoba mulai dari menentukan *tooling* (*tip & die*) dengan cara melakukan perhitungan *Draw Down Rasio* (DDR) & *Draw Ratio Balance* (DRB), mencoba *Line speed extruder* sampai ujicoba temperatur *Extruder* pada proyek Telkom ADSS untuk menentukan hasil kualitas hasil pengujian yang terbaik sudah dilakukan, tiga buah variable yang berpengaruh terhadap kualitas hasil tes plastik telah di pilih yaitu: perhitungan DDR & DRB untuk menentukan *tooling* yang gunakan dan temperatur *extruder*. Rangkaian pengujian dilakukan dengan tujuan mempelajari seberapa besar pengaruh *tooling* (*tip & die*) dan juga temperatur *extruder*. Hasil pengujian terbaik yang tidak menyebabkan cacat pada permukaan kabel yaitu dengan menggunakan *tooling tip* berdiameter 8.2 mm dan *die* berdiameter 13.5 dan temperatur *screwextruder* Z1=130°C, Z2=160°C, Z3=165°C, Z4=170°C, Z5=175°C, dan pada zona *crosshead* H1=180°C, H2=180°C, H3=185°C, H4=185°C. Dari ketiga variabel tersebut *tololing* (*tip & die*), *line speed* dan *temperature extruder* adalah sangat signifikan. Karena keduanya sangat bersinggungan.

Kata kunci : *Extruder, temperatur, tooling (tip & die)*

### 1. PENDAHULUAN

Pada industri yang bergerak dibidang telekomunikasi khususnya pembuatan kabel optik, kualitas dan kuantitas hasil produksi sangatlah diperhatikan, dalam prosesnya mesin *extruder jacketing*lah yang sangat berperan dalam proses akhir pembuatan kabel, mesin *extruder jacketing* adalah mesin pembuat selubung kabel pelindung inti kabel dan di proses penyelubungan inilah masalah kuantitas dan kualitas hasil produksi ini banyak terjadi seperti cacat pada permukaan luar kabel, tebal (*thickness*) dan diameter selubung kabel tidak stabil.



Gambar 1.1 permukaan luar kabel (*outer sheath*)  
good produk



Gambar 1.2 permukaan luar kabel (*outer sheath*)  
cacat

Dalam proses penyelubungan penggunaan mesin *extruder* untuk biji plastik tidak dapat dihindari lagi dan merupakan salah satu mesin paling vital pada proses pembuatan kabel optik. Dalam proses pembuatan kabel optik sendiri mesin *extruder* pada proses *jacketing* sangatlah dibutuhkan, dalam proses mesin ekstruksi sendiri, *tooling extruder* seperti *tip* dan *die* sangatlah dibutuhkan karena sebagai pembentuk ukuran diameter kabel, tidak hanya *tooling tip* dan *die*nya saja yang berpengaruh dalam terbentuknya diameter kabel, suhu temperatur material pun dibutuhkan karena pada prinsip kerja *extruder* temperatur suhu material sangat berpengaruh dalam menentukan sejauh mana material mencair yang akan diekstrusi.

Diameter kabel yang sudah dibentuk oleh *tip* dan *die* tersebut didinginkan dengan bertahap agar terjadi pengerutan yang baik dan terhindar dari cacat pada visual permukaan luar (*outer sheath*) yang disebabkan panas berlebih, serta mendinginkan mesin ekstruksi itu sendiri. Dan material yang digunakan untuk membuat selubung kabel tersebut menggunakan material PE (*polyethylene*).

#### 1.1 Pengertian Umum

*Extruder* merupakan suatu proses perubahan material dari bentuk pelet (PE) diextrusi (perubahan dari bentuk padat menjadi cair) proses perubahan ini melalui berbagai tahapan tahapan panas, tahapan tahapan panas tersebut antara lain sebagai berikut:

- Material tersebut setelah berada di hopper material tersebut jatuh menuju kedalam

- screw, tepatnya jatuh kedalam *feeding zone*. Daerah *feeding zone* ini mempunyai daerah yang terdalam. Didalam daerah ini material tersebut mengalami pemanasan.
- Setelah mengalami pemanasan di daerah *feeding zone* lalu material tersebut masuk kedalam *compression zone*, didalam daerah ini selain material mengalami proses pemanasan juga material tersebut mengalami compresi sampai material itu meleleh, dan pada daerah ini juga berfungsi untuk mendorong balik udara yang ikut kembali kebagian umpan (*feeding zone*).
  - Setelah mengalami proses compresi pada daerah *compression zone* kemudian material itu bergerak menuju *matering zone*. Pada proses ini untuk material sendiri.
  - mempunyai daerah yang berlekuk saluran dangkal, fungsi dari saluran ini adalah memberikan tekanan balik sehingga lelehan menjadi seragam, suhu seragam, selain itu pengukuran penyalurannya tepat melewati *die* dengan laju alir tetap sehingga keluaran sangat seragam dan terkontrol.
  - Proses pemanasan yang terakhir yang dialami oleh material ini adalah pada daerah sekitar *neck* dan *die* biasanya pada daerah ini pemanasan yang digunakan lebih besar dari pemanasan yang sebelumnya.

Proses yang digunakan pada mesin *extruder* ini sesuai dengan material yang dipakai adalah sebagai berikut:

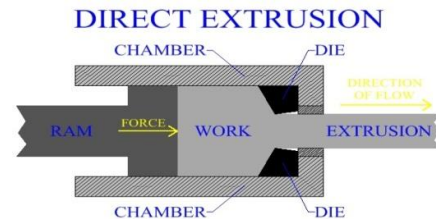
Tabel 1.1 Temperatur material

Polymer	Extruding Temperature Range (°C)	Injection Molding Temperature Range (°C)
Polyethylene	120°-150°	140°-160°
High Density Polyethylene	130°-160°	140°-160°
Polystyrene	160°-190°	160°-200°
Polyactic Acid	170°-200°	160°-190°
High Impact Polystyrene	170°-250°	170°-250°
Acrylonitrile Butadiene Styrene	210°-250°	210°-250°
Nylon 6	140°-250°	140°-250°
Nylon 66	200°-250°	200°-250°

Untuk mesin *extruder* ini proses yang sering digunakan pada mesin ini adalah proses *outersheath*, dan material yang digunakan untuk proses ini adalah PE (*polyethylene*). Proses penyelubungan (*outersheating*) itu sendiri adalah suatu proses pemberian lapisan pelindung dari gangguan elektrik atau mekanik yang dilakukan secara ekstrusi sedemikian rupa, dan bahan atau mekanik yang dilakukan secara ekstrusi sedemikian rupa, dan bahan atau material yang berfungsi untuk menutupi kabel yakni PE (*polyethylene*). Pada dasarnya proses ekstrusi dapat dibedakan pada cara penekanan terhadap material kerja.

## 1.2 Direct Extrusion

Pada dasarnya proses ekstrusi ini menekan material yang akan dibentuk sampai keluar melalui *die*. Arah tumbukan searah dengan kedudukan *die*, jadi arah keluar material yang diekstrusi dari penampang seperti garis lurus.



Gambar 1.3 Proses Direct Extrusion

Disini proses penekanan material dilakukan dengan perantara fluida cair. Disamping itu juga ekstrusi ini dapat mengurangi gesekan antara penumbuk dengan dinding penumbuk.

## 1.3 Lateral Extrusion

Ekstrusi dilakukan penumbuk terhadap material secara langsung, sehingga material yang akan dibentuk keluar melalui *die*. Arah ekstrusi yang dilakukan adalah tegak lurus dalam arti posisi penumbuk dengan *die* adalah tegak lurus.

Pada mesin *extruder* proses ekstrusi dilakukan oleh *screw double flight*, dengan menggunakan temperatur tertentu dan kecepatan putar tertentu pula maka dapat dibuat material pelapis yang siap digunakan untuk melapisi kabel.

## 1.4 Jenis Jenis Ekstrusi

Jenis ekstrusi dapat dibedakan dari cara perlakuan terhadap material yang akan dibentuk. *Die* yang digunakan untuk proses ekstrusi pada setiap jenis ekstrusi juga berbeda. Cara penekanan yang terdapat pada setiap jenis ekstrusi tergantung dari perlakuan awal yang dilakukan terhadap material yang akan dibentuk. Ekstrusi yang dilakukan dengan cara memberikan temperatur tertentu terhadap material yang akan diekstrusi. seperti untuk pengerjaan panas yang lainnya, ekstrusi dengan pemanasan saat dibutuhkan panas yang tinggi. Pada ekstrusi ini resiko terjadinya deformasi sangat besar terhadap hasil akhir.

Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan pendingin untuk menurunkan temperatur secara cepat sebelum terjadi deformasi. *Die* yang digunakan adalah *die* yang memiliki lubang untuk jalan keluar material yang akan ditekan. Mengenai bentuk lubang *die* disesuaikan dengan jenis produk yang dibuat.

### A. Ekstrusi Dingin

Ekstrusi dingin disini tidak menggunakan metode pemanasan seperti halnya ekstrusi panas, tetapi hanya menggunakan temperatur ruang untuk membentuk material menjadi bentuk yang diinginkan. Biasanya ekstrusi dengan ini digunakan untuk membuat peralatan atau komponen utama mobil, sepeda motor, dan juga untuk kebutuhan alat alat pertanian.

Ekstrusi dingin sendiri mempunyai beberapa keuntungan seperti:

- Meningkatkan hasil mekanik ekstrusi dari pengerjaan kekerasan.
- Kontrol toleransi yang baik, dengan demikian sedikit hal yang dilakukan untuk *finishing*.
- Meningkatkan hasil permukaan akhir.
- Angka produksi dan harga kompetitif dengan menggunakan metode ekstrusi dingin dibandingkan menggunakan metode lain.
- Tingkat *stressing* (tegangan) pada peralatan yang dihasilkan dengan menggunakan metode ini adalah sangat tinggi.

### B. Impact extrusion

*Impact extrusion* sama dengan ekstrusi tidak langsung dan sering kali dimasukan dalam kategori ekstrusi dingin. Ketebalan pipa ekstrusi lebih kecil dibandingkan *die*, terdapat sela antara pipa penumbuk dengan sisi *die*. Hal ini dimaksudkan agar material atau plat yang akan diekstrusi dengan mengisi ruang kosong pada sisi *die*.

### C. Hydrostatic Extrusion

Didalam *hydrostatic extrusion* yang diperlukan untuk proses ekstrusi dihasilkan oleh fluida yang selalu tersedia dalam pengerjaan, akibatnya tidak terjadi gesekan pada dinding dinding penampang selama proses ekstrusi.

Metode ini dapat mengurangi kerusakan pada produk yang dapat terjadi selama proses ekstrusi, sebab pertambahan tekanan *hydrostatic* untuk material yang liat dan material yang getas sangat cocok untuk keberhasilan produk yang dihasilkan. Bagaimana pun untuk alasan keberhasilan ekstrusi terlihat pada rendahnya gesekan yang terjadi, pemakaian sudut *die* yang rendah dan rasio ekstrusi yang tinggi. Untuk kegiatan komersial material yang liat cocok digunakan untuk metode *hydrostatic extrusion*. Metode ini biasanya menggunakan temperatur ruang untuk proses pembentukan dan menggunakan minyak dari tumbuhan sebagai fluida, sebab hal ini sangat baik untuk pelumasan dan viskositasnya tidak berpengaruh pada penekanan yang dilakukan.

### 1.5 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Ekstrusi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pada proses ekstrusi suatu material. Beberapa faktor tersebut antara lain:

1. Jenis ekstrusi: Jenis ekstrusi haruslah disesuaikan dengan jenis material yang akan digunakan.
2. Suhu kerja: Setiap jenis ekstrusi mempunyai suhu kerja sendiri sendiri tergantung jenis material yang akan diekstrusi.
3. Reduksi penampang: Penampang yang dipakai untuk setiap ekstrusi sangat tergantung pada kualitas bahan dan keadaan permukaannya.
4. Gesekan: Gesekan dapat terjadi pada semua komponen yang bersinggungan tidak terkecuali pada proses ekstrusi.

Pelumasan disini banyak melakukan fungsi lainya seperti:

1. Membatasi panas yang timbul dengan mengurangi gesekan sekecil mungkin.
2. Mengambil panas dari bagian mesin mesin yang lainnya.
3. Disamping itu juga dapat mengurangi resiko terjadinya karat.

Untuk itulah dibutuhkan sifat dari minyak pelumas yang baik untuk mesin. Beberapa sifat dan syarat dari pelumas yang baik adalah:

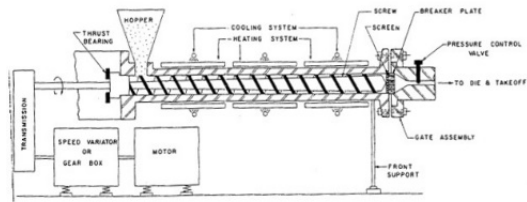
1. Derajat kekentalan harus sesuai dengan jenis operasi mesin.
2. Mempunyai daya lekat yang baik.
3. Tidak mudah tercampur dengan barang – barang lainya (kotoran).
4. Mempunyai flash point yang tinggi dan tidak mudah menguap.
5. Mudah memindahkan panas dan mempunyai titik beku yang rendah.

### 2. PROSES PRODUKSI

Dalam membuat atau memproduksi kabel optik memerlukan suatu langkah langkah yang menggunakan alat alat / mesin – mesin untuk mendukung, adapun urutan proses pada pembuatan kabel optik, antara lain:

1. proses *Coloring* (pewarnaan)
2. proses *Buffering* (pembuatan tube)
3. proses *Stranding* (pemilinan)
4. proses *Jacketing* (pembungkusan)

## 2.1 Prinsip Extrusion



Gambar 2.1 komponen mesin extruder

Prinsip ekstrusi pada *thermo* plastik adalah proses pada material sampai mencapai meleleh akibat panas dari luar / panas gesekan dan yang kemudian dialirkan ke *die* oleh screw yang kemudian dibuat produk sesuai bentuk yang diinginkan. Proses ekstrusi adalah proses kontinyu yang menghasilkan beberapa produk seperti film plastik, talirafia, pipa, peletan, lembaran plastic, fiber, filament, selubung kabel dan beberapa produk dapat juga dibentuk.

### 2.1 Komponen mesin extruder

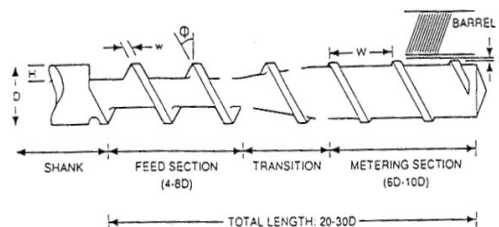
Mesin *extruder* adalah mesin yang terdiri dari *Hopper*, *Barrell/screw* dan *Die*.

#### 1. Hopper

Smua *extruder* pasti mempunyai masukan untuk bahan biji/pellet plastik yang melalui lubang yang nantinya mengalir dalam dinding dinding *extruder* tersebut, *hopper* biasanya terbuat dari lembaran baja atau *stainlesssteel* yang berbentuk untuk menampung sejumlah bahan pellet plastik untuk stok beberapa jam.

#### 2. Screw

*Screw* adalah jantungnya *extruder*, *screw* mengalirkan polimer yang telah meleleh kekepala *die* setelah mengalami proses pencampuran dan homogenisasi pada lelehan polimer tersebut.



Gambar 2.2 Screw

Macam – macam screw :

- Screw PVC
- Screw PE/PP
- Screw barrier (2 ulir)

#### 3. Kepala mixing

Daerah matering pada *screw* standar tidak mempunyai pencampuran yang baik. Aliran lapisan lapisan halus plastik berjalan secara tetap pada dalam *screw*.

4. Saringan
5. Dies

## 2.3 Sistem Induction Heater

Pada *induction heater*, panas dihasilkan didalam material dan berasal daripemanasan oleh material itu sendiri sehingga energi dapat digunakan secara maksimal untuk memanaskan material:

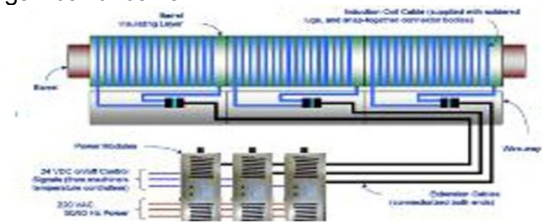
- Karena kerapatan energinya tinggi, pemanas induksi bisa berukuran kecil dan mampu melepaskan panas dalam waktu yang relatif singkat.
- Dengan induksi dimungkinkan untuk mencapai suhu yang sangat tinggi.
- Pemanasan dapat dilakukan pada lokasi tertentu.
- Sistem dapat dibuat bekerja secara otomatis.

Konsumsi energi:

- Pemanasan induksi secara umum memiliki efisiensi energi yang tinggi, namun hal ini juga bergantung pada karakteristik material yang dipanaskan.
- Rugi rugi pemanasan dapat ditekan seminimal mungkin.

### 2.4 Rangkaian Induction heater

*Induction heater* yang digunakan di PT. FURUKAWA OPTICAL SOLUTIONS INDONESIA memiliki beberapa komponen utama yaitu: power modul, kumparan penginduksi dan *barrel screw* yang menjadi objek yang dipanaskan seperti gambar di bawah ini.

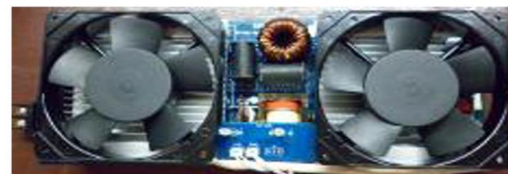


Gambar 2.3 sistem induction heater

Komponen komponen ini akan di jelaskan secara terperinci sebagai berikut:

#### 1. Power modul (modul daya)

*Power* modul ini menggunakan modul *power* merek SAVERO dengan *supply* 220 1 fasa, seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Power modul SAVERO

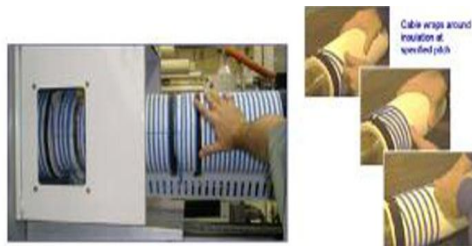
*Power* modul SAVERO menggunakan *inverter quasy resonant* frekuensi tinggi. Frekuensi tinggi digunakan untuk memicu 2 mosfet yang dipasang secara paralel untuk menyuplai kumparan



penginduksi. Hal ini dikarenakan *induction heater* bekerja secara optimal pada frekuensi tinggi sehingga membutuhkan sebuah power suplai khusus yang akan digunakan untuk menyuplai *induction heater*.

## 2. kumparan induksi

Lilitan penginduksi digunakan untuk menginduksi objek atau benda kerja yang ingin dipanaskan. Lilitan penginduksi ini harus mempunyai jumlah lilitan yang cukup agar medan magnetik yang dihasilkan dapat menginduksi benda kerja dengan baik, disamping itu juga diusahakan memiliki nilai induktansi yang sesuai dengan frekuensi resonansi yang diinginkan. Hal ini dikarenakan selain kumparan berfungsi untuk menginduksi benda kerja, kumparan ini juga digunakan sebagai indikator pada rangkaian resonant.



Gambar 2.5 lilitan penginduksi

Prinsip kerja kumparan ini sama dengan sebuah trafo, dimana arus pada sisi primer dikalikan dengan rasio trafo, dimana pada arus sisi skunder sebanding dengan arus pada sisi primer dikalikan dengan rasio trafo.

## 3. Barrel screw

*Barrel screw* merupakan salah satu komponen penting dari proses *extrusion* dan juga *induction heater*. Hal ini dikarenakan *barrel screw* merupakan tempat peleburan serbuk maupun pellet plastik. Dan *barrel screw* juga merupakan objek yang dipanaskan oleh *induction heater*. Bahan *barrel screw* terbuat dari baja murni yang tahan terhadap tekanan tinggi (20.000 psig).



Gambar 2.6 barrel screw

## 2.5 Prinsip kerja *induction heater* SAVERO

*Induction heater* berdasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan AC 1 fasa dari sumber diserahkan untuk menyuplai peralatan heater.



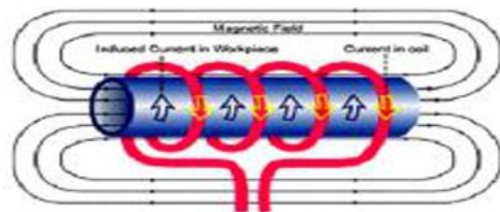
Gambar 2.7 *induction heater* SAVERO

Tegangan bolak balik yang memiliki frekuensi tinggi yang dibangkitkan dari *power* modul dengan frekuensi  $\pm 27$  KHz. Frekuensi ini akan memicu mosfet untuk membangkitkan daya AC yang memiliki frekuensi tinggi. Daya AC frekuensi tinggi ini yang dikirimkan ke kumparan untuk menimbulkan fluks, besar kecilnya fluks yang dibangkitkan bergantung pada luas bidang kumparan induksi yang digunakan. Hal ini dikarenakan *induction heater* memanfaatkan rugi rugi yang terjadi pada kumparan penginduksi.

Rugi rugi yang dimanfaatkan untuk memanaskan objek adalah sebagai berikut:

### 1. Arus *eddy*

Arus *eddy* memiliki peranan yang paling dominan dalam proses pemanasan induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung kepada besarnya arus *eddy* yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Ketika lilitan dialiri oleh arus bolak – balik, maka akan timbul medan magnet disekitar kawat penghantar. Medan magnet tersebut besarnya berubah – ubah sesuai dengan arus yang mengalir pada lilitan tersebut. Jika terdapat bahan konduktif disekitar medan magnet yang berubah – ubah tersebut, maka pada bahan konduktif tersebut akan mengalirkan arus yang disebut arus *eddy*.



Gambar 2.8 arus *eddy* pada permukaan bahan

### 2. Rugi – rugi *hysteresis*

Rugi rugi *hysteresis* juga mempunyai peran penting dalam pemanasan induksi. Namun hal ini hanya berlaku pada material yang bersifat ferromagnetik seperti besi. Untuk material diamagnetik seperti aluminium, pemanasan lebih didominasi oleh arus *eddy*.

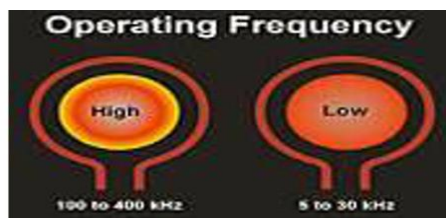
Rugi – rugi *hysteresis* adalah suatu energi untuk mengubah intensitas fluks dari induksi residu menjadi nol. Energi ini digunakan untuk mengatasi suatu hambatan dari intensitas fluks

yang terjadi. Penggunaan energi ini akan menyebabkan panas yang juga dimanfaatkan untuk memanaskan benda kerja.

### 3. Efek kulit

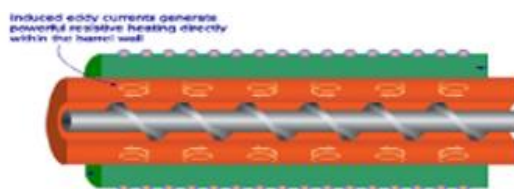
Jika arus searah melewati sebuah konduktor, maka arus akan terdistribusi secara merata pada seluruh permukaan konduktor tersebut. Tetapi jika arus bolak – balik dialirkan melalui konduktor yang sama, arus tidak tersebar secara merata. Kerapatan arus paling besar selalu berada dipermukaan konduktor dan kerapatan arus ini akan semakin berkurang ketika mendekati pusat konduktor, hal ini disebut efektif kulit.

Semakin tinggi frekuensi yang diterapkan pada konduktor, maka semakin besar arus yang mengalir pada permukaan konduktor. Efek kulit ini menyebabkan energi panas yang dikonversi dari energi listrik terpusat pada permukaan material, sehingga permukaan material lebih cepat panas dari pada pusatnya.



Gambar 2.9 Pengaruh *frekuensi* pada pemanasan induksi

Kedalaman pemanasan bisa diatur dengan memvariasikan frekuensi inverter. Kecepatan pemanasan akan semakin tinggi dengan mengkonsentrasikan arus pada bagian permukaan material.



Gambar 2.10 pemanasan *screw* menggunakan *induction heater*

Selama proses dalam *screw* suhu dijaga konstan pada suhu antara 225°C - 230°C. Untuk menjaga suhu tetap konstan dilakukan dengan sistem on-off induction heater. Sistem ini bekerja dengan sensor suhu yang dipasang pada silinder heater. Sepanjang satu silinder heater terdapat 17 induction heater dengan 6 termokontrol, setiap termokontrol mengontrol 3 buah induktion heater *savero*.

## 2.6 Keuntungan penggunaan *induction heater* dibandingkan dengan *heater* konvensional.

Tabel 2.2 Perbandingan penggunaan *heater* konvensional dengan *induction heater*

No	Heater konvensional	Induction heater
1	Memiliki efisiensi 30 – 70%.	Memiliki efisiensi 95% rugi – rugi coil.
2	Panas harus dihubungkan sepanjang kontak resisten.	Panas yang dihasilkan secara langsung didalam dinding barrel.
3	Panas tidak dapat diterapkan secara seragam keseluruhan barrel.	Panas dapat diterapkan seragam di seluruh barrel.
4	Operasi elemen pemanasan memiliki batas waktu.	Operasi elemen dinding sehingga tidak memiliki batas waktu.
5	Massa panas dijumlahkan dengan inersia termal pada sistem.	Inersial termal pemanas dapat dihilangkan.
6	Waktu star up lama.	Waktu star up cepat.
7	Tidak hemat energi.	Hemat energi dan mampu meningkatkan kualitas produksi.

## 2.7 Bahan Baku yang digunakan

### 2.7.1 *Polyethylene* PE

Bahan Material yang di gunakan dalam memproduksi kabel optik ditempat saya bekerja adalah PE (*polyethylene*). Plastik adalah bahan elastik, tahan panas, mudah dibentuk lebih ringan dari kayu dan tidak karat oleh karena ada kelembaban. Juga dapat sebagai isolator dan dapat juga diwarnai dan kelemahan dari sifat plastik adalah tidak mudah di hancurkan.

*Polyethylene* adalah polimer dari *ethilena* yang merupakan plastik mirip lilin dapat terbuat dari resin sintetis dan digolongkan dalam termoplastik (plastik tahan panas). *Polyethylene* sendiri mempunyai daya tekan yang baik, tahan bahan kimia, kekuatan mekanik rendah, tahan kelembaban, sifat elastis tinggi, hantaran elektrik rendah. Berdasarkan kerapatannya *polyethylene* terbagi menjadi dua yaitu:

#### 1. HDPE (*high density polyethylene*)

Biasanya digunakan untuk pembuatan botol air mineral dan juga selubung kabel atau isolator.

#### 2. LDPE (*low density polyethylene*)

Biasanya digunakan untuk pembuatan kantong plastik.

### 2.7.2 Proses dengan Material *Polyethylene* (PE)

Material ini adalah material yang paling mudah di ekstrusi, semua jenis *screw* bisa digunakan untuk proses dengan material PE, temperatur silinder di mesin ekstrusi biasanya antara 130°C sampai

dengan 160°C sedangkan untuk bagian cross head temperaturnya antara 180°C sampai dengan 220°C.

#### A. Klasifikasi

*Polyethylene* terdiri dari berbagai jenis berdasarkan kepadatan dan percabangan molekul, sifat mekanis dari *polyethylene* bergantung pada tipe percabangan, struktur kristal, dan berat molekulnya.

#### B. Sifat fisik

No.	Property	Value	Unit
1	Density	< 0.927	Gr/cm <sup>3</sup>
2	Tensile strength	< 1450	N/cm <sup>2</sup>
3	Elonganon	< 300	%
4	Dielectric strength	< 2.2 x 10 <sup>7</sup>	v/m
5	Dielectric constant	< 2.82	-
6	Carbon black content	2.5 ± 0.5	%

Melihat kristalinitas dan massa molekul, titik leleh, dan transisi gelas sulit melihat sifat fisik *polyethylene*. Temperature titik tersebut sangat bervariasi bergantung pada *type polyethylene*. Pada tingkat komersil, *polyethylene* berdensitas menengah dan tinggi, titik lelehnya berkisar 120°C hingga 135°C. titik leleh *polyethylene* berdensitas rendah berkisar 105°C hingga 115°C.

### 2.8 Alat Ukur yang digunakan

Pada pengambilan data dilapangan alat yang digunakan adalah:

#### 1. Thermocouple



Gambar 2.11 thermocouple

#### 2. Thermometerinfrared

Disebut juga *termometerlaser* adalah sebuah alat ukur suhu yang dapat mengukur temperatur tanpa harus bersentuhan dengan objek yang akan diukur. Alat ini menawarkan kemampuan untuk mendeteksi temperatur secara optik selama objek itu diamati, radiasi energi inframerah diukur dan disajikan sebagai suhu, dan menawarkan pengukuran suhu yang cepat, akurat dengan pengukuran yang berjarak dengan objek seperti di area berbahaya, area dengan suhu yang panas atau pengukuran yang tidak diperbolehkan terkontaminasi.

Prinsip dasar termometer inframerah adalah bahwa semua objek memancarkan energi

inframerah. Semakin panas suatu benda, maka molekulnya semakin aktif dan semakin banyak energi inframerah yang dipancarkan.

#### 3. Pita diameter

Alat ukur dengan bahan elastis yang berguna untuk mengukur diameter suatu benda bulat/berdiameter.



Gambar 2.12 pita diameter

#### 4. Jangka sorong digital

Alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter. Terdiri dari dua bagian, bagian diam dan bagian gerak. Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan ketelitian pengguna maupun alat.



Gambar 2.13 Jangka Sorong Digital

#### 5. Stop watch

Untuk mengukur/menghitung jarak tempuh waktu, dalam industri kabel alat ini digunakan untuk tes linier.



Gambar 2.14 stop watch

#### 6. Timbangan

Alat untuk mengukur berat suatu benda, di industri kabel alat ini digunakan untuk mengukur berat lelehan *polyethyleneyang* sudah membeku pada tes linier.





Gambar 2.15 timbangan

## 2.9 Standarisasi yang digunakan

Dalam memproduksi kabel perusahaan kami mempunyai acuan dalam membuat kabel optik yang berkualitas sesuai dengan standar telekomunikasi yaitu:

1. Telkom spesifikasi
2. Indosat spesifikasi
3. Telkomsel spesifikasi

### 2.9.1 Quality Assurance Plan (QAP)

Dalam standarisasi diatas banyak sekali bermacam desain untuk memproduksi kabel salah satunya yang digunakan oleh *Quality Control (QC)* untuk mengawasi jalanya proses produksi yang disesuaikan dengan kebutuhan dan permintaan konsumen yang disebut *quality assurance plan (QAP)*. Dan dari QAP ini lah kualitas hasil produksi dari awal sampai akhir diidentifikasi dari mulai nilai dimensi sampai dengan nilai karakteristinya. Dan QAP di desain sesuai dengan spesifikasi telekomunikasi yang ada dibuat oleh QA engineering.

### 2.9.2 Standar Nilai Produk (SNP)

SNP ini dibuat oleh engineering yang disesuaikan oleh QAP yang bertujuan untuk memperoleh nilai yang sama dengan QAP dalam proses pembuatan produksi kabel. SNP digunakan oleh operator produksi sebagai acuan untuk membuat kabel dengan nilai spesifikasi yang di inginkan oleh *customer* dan juga mencapai nilai yang diinginkan QAP (sesuai dengan acuan yang dipakai oleh quality control).

## 2.10 Parameter Pengujian

### A. Menghitung Draw Down Rasio (DDR) & Draw Ratio Balance (DRB) untuk menentukan tooling (tip & die) yang ingin digunakan

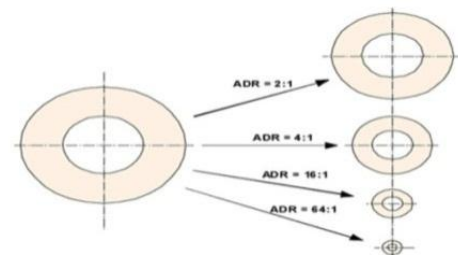
Dalam pengujiannya menentukan *tooling* yang digunakan sudah di tentukan oleh standar untuk menentukan diameter permukaan luar atau outer sheath diameter (OD) dan juga diameter permukaan dalam atau *inner sheath diameter (ID)*. Dan dalam prosesnya ada dua teknik perhitungan untuk mengantisipasi kecacatan

pada permukaan kabel yang juga dapat menentukan kestabilan ukuran ketebalan yaitu dengan teknik *draw down rasio (DDR)* & *draw rasio balance (DRB)*.

#### 1. Draw down rasio (DDR)

DDR adalah perhitungan area rasio penarikan dan sejauh mana plastik meleleh untuk membentuk ukuran, itu adalah ukuran dari jumlah peregangannya yang terjadi antara keluar *die* dan *takeup*. Lebih besar perhitungan DDR maka akan lebih besar pula ukuran diameter luarnya dan apabila lebih rendah DDR mudah mengatur dimensi produk. Sebuah proses penarikan rasio rendah cenderung lebih stabil dibandingkan yang lebih tinggi.

Kuncinya adalah menemukan *sweet spot* yang akan mengoptimalkan keseimbangan antara keduanya. Dan intinya perhitungan DDR adalah perhitungan menentukan ketebalan selubung kabel dari mengatur diameter *die*.



Gambar 2.16 ilustrasi area draw down ratio (DDR)

Formula DDR:

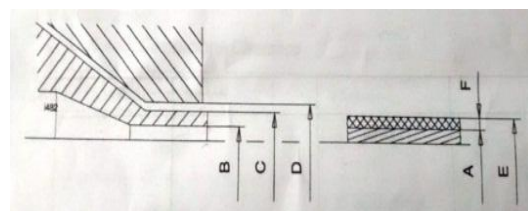
$$DDR = \frac{D^2 - C^2}{E^2 - A^2} \quad (2.1)$$

#### 2. Draw ratio balance (DRB)

Membentuk keseimbangan dalam (DRB) adalah rasio diameter *die* dan *tip* dibagi dengan diameter selubung. Intinya perhitungan DRB adalah teknik perhitungan menentukan ketebalan selubung kabel (*ticknes*) dari mengatur ukuran diameter *tip*

Formula DRB:

$$DRB = \frac{D \times A}{E \times C} \approx 1 \quad (2.2)$$



Gambar 2.17 ilustrasi DDR &amp; DRB

Keterangan:

- A = diameter Core
- D = diameter Die
- B = diameter dalam Tip (ID)
- E = diameter kabel



C = diameter luar *Tip* (OD)

F = *Thickness sheath* (t)

Tabel 2.4 Range *DDR* & *DRB* pada material PE

Material	DDR	DRB
PE	1.1 → 4	0.97 → 1.1
PVC	1.1 → 2.5	0.97 → 1.1

### B. Tes Linierity pada Material

Langkah – langkah yang dilakukan:

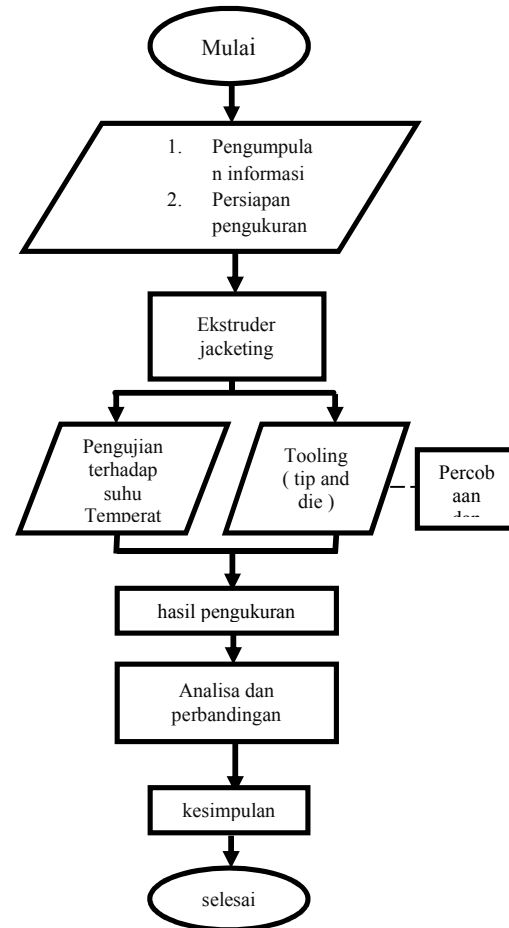
- Setting zone temperatur ekstruder sesuai dengan standar range suhu ekstruder.
- Setting *rpm* ekstruder kelipatan 10 setiap 1 menit 30 detik.
- Ambil dan kumpulkan lelehan PE yang keluar dari die dari hasil ekstrusi di setiap 30 detik tunggu hingga beku.
- Lalu timbang satu persatu bekuan PE.

### C. Percobaan hasil Temperatur Ekstruder dan hasil perhitungan *DDR* & *DRB* dalam menentukan *tooling* (*Tip & Die*)

Langkah – langkah yang dilakukan:

- Mengaplikasikan *Tip & Die* yang telah didapat dari perhitungan *DDR* & *DRB*.
- Setting zone suhu temperatur ekstruder sesuai dengan standar range suhu ekstruder.
- Analisa lelehan PE yang keluar dari *Tip*
- Menentukan hasil analisa dengan menetapkan temperatur dan *tooling* (*Tip & Die*) yang akan digunakan sebagai proses.
- Selesai

terjadi disesuaikan dengan order produksi kabel tersebut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## 3. PENGUJIAN

Tempat pengujian dilakukan di PT. FURUKAWA KABEL OPTIK OPTICAL SOLUTIONS INDONESIA, dan dilaksanakan pada tanggal 10 juni 2015.

### 3.1 Langkah – langkah pengujian

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh suhu temperatur material dan juga tooling (*tips* dan *dies*) *extruder* terhadap hasil produksi yang digunakan pada pabrik tempat saya bekerja.

Metode pengujian dan pengambilan data ini dilakukan pada zona temperatur *screw* mesin *extruder jacketing* sesuai dengan ketahanan suhu temperatur material *high density polyethylene* HDPE dan juga terhadap pengaruh perhitungan tooling (*tips* dan *dies*) dengan teknik perhitungan *DDR* (*draw down ratio*) dan *DRB* (*draw ratio balance*). Yang mana semua mengacu pada standar telkom spesifikasi karena masalah yang

Langkah – langkah pengujian:

1. Pengumpulan data – data kabel bermasalah/cacat untuk dijadikan perbandingan pada proses analisa.
2. Persiapan pengujian seperti menyiapkan materialnya, alat – alat pendukung, dan juga alat – alat safety.
3. Hidupkan monitor dan mesin – mesin terkait seperti mesin *extruder* dan *heater*.
4. Masukkan material PE ke dalam *hopper* untuk persiapan ekstrusi di mesin *extruder*.
5. Setting temperatur *extruder* pada *display* monitor lalu catat.
6. Lihat keluaran PE dari mesin *extruder* yang telah di ekstrusi, keluaran PE yang mendapat suhu tinggi akan terlihat kasar dan terlihat seperti mata ikan, dan bila keluaran PE mendapat suhu rendah maka terlihat berbintik atau berjendol, maka harus coba mencari suhu yang tepat untuk bisa mendapat keluaran PE yang baik.

7. Setelah mendapat suhu yang tepat maka lakukan tes linieritas dengan cara menguji berat sampel material PE yang keluar dari proses ekstrusi dari Tip dengan mengatur rpm dari rendah ke tinggi lalu di turunkan lagi yang dilakukan selama 3 kali /30detik di tiap kenaikan dan penurunan rpm tes ini bertujuan melihat stabilitas keluaran PE ketika rpm rendah lalu dinaikan lalu diturunkan lagi berat masa jenisnya stabil, jadi bisa mengukur material yang akan terpakai.
8. Setelah tes linieritas lalu menentukan tooling yang akan digunakan untuk proses yang juga berguna menentukan diameter dan tebal kabel yang akan didisain dengan teknik perhitungan DDR (*drawdownratio*) & DRB (*draw ratio balance*).
9. Bila sudah di dapat nilai DDR & DRB yang tepat selanjutnya percobaan temperatur pada saat proses, dengan cara mengujicoba semua temperatur *extruder* mulai dari *feed zone* (Z1), *screw zone* (Z2, Z3, Z4, Z5), dan *head zone* (H1, H2, H3, H4), dengan acuan data – data proses test record kabel yang bermasalah/cacat.
10. Bandingkan lelehan PE hasil proses ekstrusi pada tiap – tiap temperatur yang di ujicoba.
11. Menganalisa data – data hasil ujicoba.
12. Menentukan temperatur yang tepat dan perhitungan *drawdown ratio* dan *draw ratio balance* yang tepat untuk bisa digunakan untuk proses.
13. Selesai.

### 3.2 Benda Uji

Berikut adalah objek kabel yang dipakai untuk proses pengujian diantaranya:

1. Mesin *extruder* NMB 80-24D  
Extruder mempunyai komponen dan spesifikasinya:
  - *Extruder screw*
    - Tipe : GINA A
    - *Serial num.* : 766 1820-001
    - Diameter : 80mm
    - Panjang : 24D
    - Speed : 120rpm
  - Silinder
    - Tipe : ALAIN CT
    - *Serial num.* : 766 1700
    - Jumlah zona pemanas : 55 zona yang mempunyai panas : 14.56Kw (380V) & 19.6 Kw (440V)
  - *heated collar* : 0.96Kw
  - kebutuhan air (25°C): 6 l/min
  - *range* temperatur : 20°C sampai 250°C
  - Pengaman tekanan tinggi: pressure sensor
  - *Gear box* EISENBEISS
    - Tipe : ED 200

- Torsi maksimal dikeluarkan: 9 kNm
- *Motor drive* SIEMENS  
Tipe: 1GG61620JF40/70.5Kw 2420 rpm

### 2. Tooling (*tip & die*)

- Spesifikasi *tooling* (*TY* *tip & die*):
- material: *stavak boehler* (*plastik mold steel*)
- tebal Tip: 0.5 mm sampai 1.0 mm

Tabel 3.1 diameter Tip & Die

Diameter	
Tip (mm)	Die (mm)
9.5	10
10.2	11.5
11	12
14	16.5
15.5	18.5
17	19
19	24

### 3. Kabel udara (*aerial*)

Spesifikasi:

Tabel 3.2 kabel ujicoba

Spesifikasi kabel	
Project	Telkom ADSS
material	PE DOW DGDA 6318BK
Diameter kabel (E)	12.5 mm
<i>thickness sheath</i> (F)	Min.2.0mm ± 0.1mm
Diameter core (A)	7.6 mm

## 4. ANALISA DAN PERHITUNGAN

### 4.1 Data Hasil Analisa

Data analisa yang saya observasi adalah data dari kabel proyek telkom yang ingin disain kabel berdiameter luar 12.0 mm. dan thickness 2.0 mm.

#### 4.1.1 Menentukan *tooling* (*tip dan die*) yang akan digunakan

Sebelum melakukan pembuatan kabel proyek Telkom ADSS, sebagai engineer harus mencari tahu terlebih dahulu *Tip & Die* yang akan digunakan. Dengan teknik perhitungan *DrawDown Ratio* (DDR) & *Draw Ratio Balance* (DRB).

$$DRB = \frac{D \times A}{E \times C} \approx 1$$

$$1 = \frac{D \times 7.6}{12.5 \times 8.2}$$

$$= \frac{D \times 7.6}{102.5} \quad 102.5 = D \times 7.6$$

$$D = \frac{102.5}{7.6}$$

$$= 13.5 \text{ mm}$$

Jadi diameter *Die* (D) yang akan digunakan adalah 13.5 mm.

$$\begin{aligned}\phi C &= \frac{D \times A}{\frac{DRB \times E}{13.5 \times 7.6}} \approx 1 \\ &= \frac{102.6}{12.5} \\ &= 8.2 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi diameterluar *Tip* (C) yang akan digunakan yaitu 8.2 mm

#### Perhitungan

$$\begin{aligned}DRB &= \frac{D \times A}{E \times C} \approx 1 \\ &= \frac{13.5 \times 7.6}{12.5 \times 8.2} \\ &= \frac{102.6}{102.5} \\ &= 1.0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}DDR &= \frac{D^2 - C^2}{E^2 - A^2} \approx 1 \\ &= \frac{13.5^2 - 8.2^2}{12.5^2 - 7.6^2} \\ &= \frac{182.25 - 67.24}{156.25 - 57.76} \\ &= \frac{115.01}{98.49} \\ &= 1.2 \text{ mm}\end{aligned}$$

*Setting* Temperatur ekstruder pada saat ujicoba linier

Tabel 4.1 setting temperatur dan aktual temperatur pada saat ujicoba linier

Zona Temperatur	Feed Zone (°C)	Screw Zone(°C)				Head Zone(°C)			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	H1	H2	H3
Set.temperatur	130	160	165	170	175	180	185	190	195
Act.temperatur	129	162	167	172	181	180	186	190	195

#### 4.1.2 Test linieritas material HDPE DOW DGDA -6318 BK

Tujuan test linearity:

1. bisa menentukan berapa banyak material yang digunakan untuk kebutuhan proses dengan tools yang sudah ditentukan.

2. Menentukan rpm dari rpm rendah menuju rpm tinggi dan begitu sebaliknya keluaran material harus linear.
3. Melihat tingkat kematangan PE yang keluar dari die.

#### 4.2 Hasil Percobaan Perbandingan Temperatur Material HDPE pada saat proses ujicoba berlangsung.

##### • Percobaan ke-1, 11, 21:

Tabel 4.5 data percobaan ke-1, 11, 21.

Dari hasil ujicoba diatas dengan temperatur Z1=120°C, Z2=150°C, Z3=155°C, Z4=160°C, Z5=165°C, H1=170°C, H2=170°C, H3=175°C, H4=175°C dan dengan mencoba line speed 25, 35, 45 m/menit maka hasil yang didapat permukaan kabel menjadi mata ikan dan kasar.



Gambar 4.1 hasil percobaan ke-1, 11, 21 dan hasilnya NC

##### • Percobaan ke-2, 12 dan 22

Dari hasil ujicoba diatas dengan menurunkan temperatur Z1=123°C, Z2=153°C, Z3=158°C, Z4=163°C, Z5=168°C, H1=173°C, H2=173°C, H3=178°C, H4=178°C dan dengan mencoba line speed 25, 35, 45 m/menit maka hasil yang didapat permukaan kabel menjadi menggelembung.

##### • Percobaan ke-3, 13 dan 23

Dari hasil ujicoba diatas dengan mengambil nilai temperatur Z1=125°C, Z2=155°C, Z3=160°C, Z4=165°C, Z5=170°C, H1=175°C, H2=175°C, H3=180°C, H4=180°C dan dengan mencoba line speed 25 m/menit haail yang didapat permukaan kabel OK, 35 m/menit permukaan OK, dan pada speed 45 m/menit permukaan kabel tidak halus/kasar.

##### • Percobaan ke-4, 14 dan 24

Dari hasil ujicoba diatas dengan mencoba temperatur Z1=128°C, Z2=158°C, Z3=163°C, Z4=168°C, Z5=173°C, H1=178°C, H2=178°C, H3=183°C, H4=183°C dan dengan mencoba line speed 25 m/menit haail yang didapat permukaan kabel OK, 35 m/menit permukaan OK, dan pada speed 45 m/menit maka di dapat hasil permukaan kabel menjadi mata ikan.



Gambar 4.2 hasil percobaan ke-4, 14, 24 yang hasilnya NC

• **Percobaan ke-5, 15 dan 25**

Dari hasil ujicoba diatas dengan mencoba temperatur  $Z1=129^{\circ}\text{C}$ ,  $Z2=159^{\circ}\text{C}$ ,  $Z3=164^{\circ}\text{C}$ ,  $Z4=169^{\circ}\text{C}$ ,  $Z5=174^{\circ}\text{C}$ ,  $H1=179^{\circ}\text{C}$ ,  $H2=179^{\circ}\text{C}$ ,  $H3=184^{\circ}\text{C}$ ,  $H4=184^{\circ}\text{C}$  dan dengan mencoba line speed 25 m/menit haail yang didapat permukaan kabel OK, 35 m/menit permukaan OK, dan pada speed 45 m/menit permukaan kabel tidak halus/kasar.



Gambar 4.3 hasil percobaan ke-5, 15, 25 yang hasilnya NC

• **Percobaan ke-6, 16 dan 26**

Dari hasil ujicoba diatas dengan mencoba temperatur  $Z1=130^{\circ}\text{C}$ ,  $Z2=160^{\circ}\text{C}$ ,  $Z3=165^{\circ}\text{C}$ ,  $Z4=170^{\circ}\text{C}$ ,  $Z5=175^{\circ}\text{C}$ ,  $H1=180^{\circ}\text{C}$ ,  $H2=180^{\circ}\text{C}$ ,  $H3=185^{\circ}\text{C}$ ,  $H4=185^{\circ}\text{C}$  dan dengan mencoba line speed 25, 35, 45 m/menit maka semua hasil yang didapat permukaan kabel halus tidak kasar, tidak ada mata ikan dan tidak bergelombang.



Gambar 4.4 hasil percobaan ke-6, 16, 26 yang hasilnya OK

• **Percobaan ke-7, 17 dan 27**

Dari hasil ujicoba diatas dengan mencoba temperatur  $Z1=133^{\circ}\text{C}$ ,  $Z2=163^{\circ}\text{C}$ ,  $Z3=168^{\circ}\text{C}$ ,  $Z4=173^{\circ}\text{C}$ ,  $Z5=178^{\circ}\text{C}$ ,  $H1=183^{\circ}\text{C}$ ,  $H2=183^{\circ}\text{C}$ ,  $H3=188^{\circ}\text{C}$ ,  $H4=188^{\circ}\text{C}$  dan dengan mencoba line speed 25 m/menit permukaan OK, 35 m/menit permukaan kabel OK, 45 m/menit maka hasil yang didapat permukaan kabel menjadi kasar tidak mulus dan bergelombang.



Gambar 4.5 hasil percobaan ke-7, 17, 27 yang hasilnya NC

• **Percobaan ke-8, 18 dan 28**

Dari hasil ujicoba diatas dengan mencoba temperatur  $Z1=135^{\circ}\text{C}$ ,  $Z2=165^{\circ}\text{C}$ ,  $Z3=170^{\circ}\text{C}$ ,  $Z4=175^{\circ}\text{C}$ ,  $Z5=180^{\circ}\text{C}$ ,  $H1=185^{\circ}\text{C}$ ,  $H2=185^{\circ}\text{C}$ ,  $H3=190^{\circ}\text{C}$ ,  $H4=190^{\circ}\text{C}$  dan dengan mencoba line speed 25 m/menit permukaan OK, 35 m/menit permukaan kabel OK, 45 m/menit maka hasil yang didapat permukaan kabel menjadi kasar tidak mulus dan masih bergelombang.



Gambar 4.6 hasil percobaan ke-8, 18, 28 yang hasilnya NC

• **Percobaan ke-9, 19 dan 29**

Dari hasil ujicoba diatas dengan mencoba temperatur  $Z1=138^{\circ}\text{C}$ ,  $Z2=168^{\circ}\text{C}$ ,  $Z3=173^{\circ}\text{C}$ ,  $Z4=178^{\circ}\text{C}$ ,  $Z5=183^{\circ}\text{C}$ ,  $H1=188^{\circ}\text{C}$ ,  $H2=188^{\circ}\text{C}$ ,  $H3=193^{\circ}\text{C}$ ,  $H4=193^{\circ}\text{C}$  dan dengan mencoba line speed 25 m/menit permukaan tidak halus/kasar, 35 m/menit permukaan kabel bergelombang dan kasar, pada speed 45 m/menit maka hasil yang



didapat permukaan kabel menjadi kasar tidak mulus dan bergelombang.

• **Percobaan ke-10, 20 dan 30**

Dari hasil ujicoba diatas dengan mencoba temperatur Z1=140°C, Z2=170°C, Z3=175°C, Z4=185°C, Z5=185°C, H1=190°C, H2=190°C, H3=195°C, H4=195°C dan dengan mencoba line speed 25, 35, 45 m/menit maka hasil yang didapat permukaan kabel menjadi mata ikandan kasar tidak mulus, Dan bisa disimpulkan terlalu tinggnya temperatur ekstruder.



Gambar 4.7 hasil eksperimen 10, 20, 30 yang hasilnya NC

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Syamsuri, Ahmad. 2010. *Total Produktive Maintenance*. Forum Penelitian. Jakarta: PT. Furukawa.
- [2]. Kurniawan, Singgih. 2013. *Cara Kerja Induction Heater pada mesin Extruder*. Makalah Kerja Praktek. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [3]. Rizki Perdana, Faisal. 2013. *Cara Kerja Mesin Ekstruder PEX150 IA*. Laporan Kerja Praktek. Jakara: Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.
- [4]. Widiyanto – pemula tempat untuk belajar – Jum'at, 24 Juli 2015- <http://pemulatempatuntukbelajar-widiyanto.blogspot.com/2011/04/prinsip-prinsip-extrusion.html>.
- [5]. Bhtool – extruder – Jum'at, 24 Juli 2015- <http://www.bhtool.com>.